

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004 年 10 月 7 日 (07.10.2004)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/085935 A1

- (51) 国際特許分類⁷: F25B 9/00, 9/14
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/004226
- (22) 国際出願日: 2004 年 3 月 25 日 (25.03.2004)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2003-085650 2003 年 3 月 26 日 (26.03.2003) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): アイシン精機株式会社 (AISIN SEIKI KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒4488650 愛知県刈谷市朝日町 2 丁目 1 番地 Aichi (JP). 東海旅客鉄道株式会社 (CENTRAL JAPAN

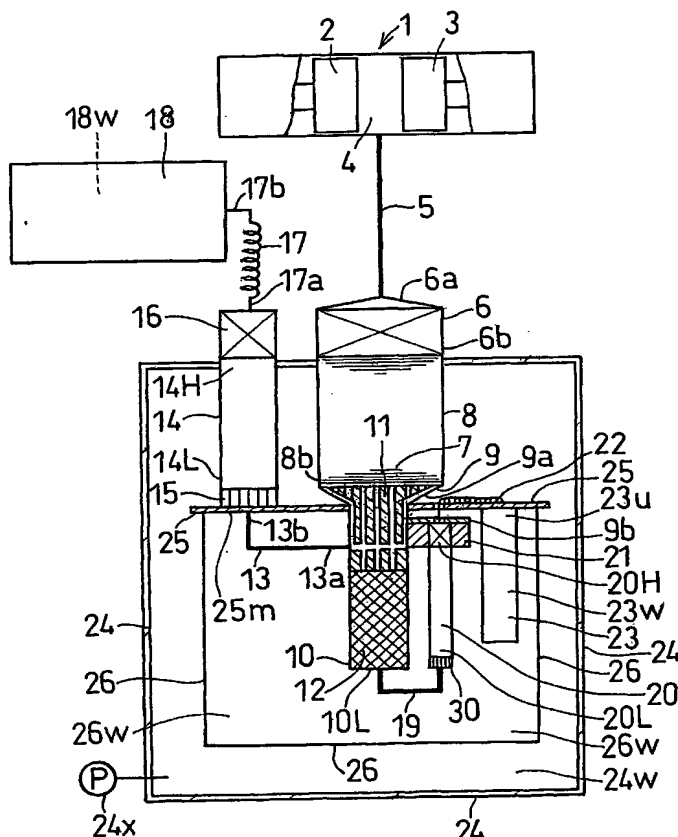
RAILWAY COMPANY) [JP/JP]; 〒4506101 愛知県名古屋市中村区名駅一丁目 1 番 4 号 Aichi (JP).

- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 三田 英夫 (MITA, Hideo) [JP/JP]; 〒4440863 愛知県岡崎市東明大寺町 1 2-1 7 Aichi (JP). 山田 豊久 (YAMADA, Toyohisa) [JP/JP]; 〒4460071 愛知県安城市今池町 3 丁目 9 番 2 2 Aichi (JP). 五十嵐 基仁 (IGARASI, Motohiro) [JP/JP]; 〒4506101 愛知県名古屋市中村区名駅一丁目 1 番 4 号 東海旅客鉄道株式会社内 Aichi (JP). 奥富 健志 (OKUTOMI, Takeshi) [JP/JP]; 〒4506101 愛知県名古屋市中村区名駅一丁目 1 番 4 号 東海旅客鉄道株式会社内 Aichi (JP). 桑野 勝之 (KUWANO, Katsuyuki) [JP/JP]; 〒4506101 愛知県名古屋市中村区名駅一丁目 1 番 4 号 東海旅客鉄道株式会社内 Aichi (JP).

[続葉有]

(54) Title: PULSE TUBE REFRIGERATING MACHINE

(54) 発明の名称: パルス管冷凍機



(57) Abstract: A pulse tube refrigerating machine advantageous for increasing refrigeration capacity is provided. A pulse tube refrigerating machine comprises a pressure waveform generating device (1) for producing a pressure waveform for a refrigerant gas, pulse tubes (14, 20) into which a refrigerant gas having the pressure waveform flows and whose one end is a lower temperature end and whose other end is a higher temperature end, cold storage units (8, 10) for pre-cooling the refrigerant gas flowing into the pulse tubes (14, 20), a pressure waveform phase control element which has a buffer tank (23) communicating with the higher temperature end of the pulse tube (20) and which controls the phase of the pressure waveform of the refrigerant gas for the purpose of refrigeration at the lower temperature end of the pulse tube (20), and a vacuum heat-insulation tank (24) having a vacuum heat-insulation chamber (24w) for receiving the pulse tube (20). The buffer tank (23) is disposed in the vacuum heat-insulation chamber (24w) of the vacuum heat-insulation tank (24).

(57) 要約: 冷凍能力を高めるのに有利なパルス管冷凍機を提供する。パルス管冷凍機は、冷媒ガスの圧力波形を生成する圧力波形発生装置 1 と、圧力波形をもつ冷媒ガスが流入し一端が低温端で他端が高温端とされたパルス管 14、20 と、パルス管 14、20 に流入させる冷媒ガスを予冷する蓄冷器 8、10 と、パルス管 20 の高温端に連通するバッファタンク 23 をもち冷媒ガスの圧力波形の位相をパルス管 20 の低温端における冷凍生成のために制御する圧力波形位相制御要素と、パルス管 20 を収容する真空断熱室 24w をもち真空断熱槽 24 とを具備する。バッファタンク 23 は

真空断熱槽 24 の真空断熱室 24w 内に配置されている。

WO 2004/085935 A1



(74) 代理人: 大川 宏 (OHKAWA, Hiroshi); 〒4500002 愛知県名古屋市中村区名駅 3 丁目 2 番 5 号 Aichi (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明細書

パルス管冷凍機

技術分野

本発明は極低温を生成するパルス管冷凍機に関する。

背景技術

従来技術として、図 8（特許文献 1：特開平 9-296963 号公報）に示されるパルス管冷凍機が知られている。このパルス管冷凍機は、図 8 に示すように、圧縮機 121 と、低圧供給弁 122, 124, 126 と、高圧供給弁 123, 125, 127 と、第 1 パルス管 107 と、第 2 パルス管 117 と、第 1 蓄冷器 103 と、第 2 蓄冷器 13 とをもつ。第 1 パルス管 107 は高温端 107 H, 低温端 107 L をもつ。より低温側の第 2 パルス管 117 は高温端 117 H, 低温端 117 L をもつ。

このパルス管冷凍機によれば、第 2 パルス管 117 の高温端 117 H は室温部に設けられており、大気によって冷却されている。このため、第 2 パルス管 117 の容積が大きくなるため、冷凍回路内の冷媒ガスの圧縮比を高めるには限界があり、このため第 2 パルス管 117 の一端側である低温端で発生する冷凍能力を高めるには限界があった。

またこのパルス管冷凍機によれば、第 2 パルス管 117 の高温端 117 H から室温以上の暖かいガスが第 2 パルス管 117 の低温端に流入するため、この意味においても、第 2 パルス管 117 の低温端 117 L で発生する冷凍能力を高めるには限界があった。

また、従来技術として、図 9 に示される文献（非特許文献 1：Cryocoolers 11, P189 ~ 198 Design and Test of the NIST/Lockheed Martin Miniatuature Pulse Tube Flight Cryocooler）に開示されているパルス管冷凍機がある。このパルス管冷凍機は、図 9 に示すように、圧縮機 209 と、第 1 パルス管 201 と、第 2 パルス管 203 と、第 1 蓄冷器 207 と、第 2

蓄冷器 206 と、オリフィス 300, 301, 302 とをもつ。第 1 パルス管 201 は高温端 201H, 低温端 201L をもつ。より低温側の第 2 パルス管 203 は高温端 203H, 低温端 203L をもつ。

このパルス管冷凍機によれば、第 2 のパルス管 203 の高温端 203H が、第 1 パルス管 201 の低温端 201L に接続して設けられている。このため、第 2 のパルス管 203 の高温端 203H が、第 1 パルス管 201 で発生する冷凍で冷却されるが、第 2 パルス管の高温端 203H は、第 1 パルス管 201 の低温端 201L に設けられているだけであり、冷媒ガスのガスの圧縮比が大きくても、第 2 パルス管 203 の低温端 203L では良好な冷凍能力が得られない。

(特許文献 1 : 特開平 9 - 296963 号公報)

(非特許文献 1 : Cryocoolers 11, P189 ~ 198 Design and Test of the NIST/Lockheed Martin Miniatuature Pulse Tube Flight Cryocooler)

発明の開示

本発明は上記した実情に鑑みてなされたものであり、冷凍能力を高めるのに有利なパルス管冷凍機を提供することにある。

(1) 第 1 様相の本発明のパルス管冷凍機は、冷媒ガスの圧力波形を生成する圧力波形発生装置と、

圧力波形発生装置で生成された圧力波形をもつ冷媒ガスが流入し一端が低温端で他端が高温端とされたパルス管と、

圧力波形発生装置とパルス管との間に設けられパルス管に流入させる冷媒ガスを予冷する蓄冷器と、

パルス管の高温端に連通するバッファタンクをもち冷媒ガスの圧力波形の位相をパルス管の低温端における冷凍生成のために制御する圧力波形位相制御要素と、

パルス管を収容する真空断熱室をもつ真空断熱槽とを具備するパルス管冷凍機において、

バッファタンクは、真空断熱槽の真空断熱室内に配置されていることを特徴とするものである。

第1様相の本発明のパルス管冷凍機によれば、バッファタンクはパルス管と共に真空断熱槽の真空断熱室内に配置されている。このためバッファタンクに大気の手が進入することが抑制される。よってバッファタンク内の冷媒ガスを低温に維持することができる。このため冷凍回路内の冷媒ガスの圧縮比を高くすることができ、パルス管の低温端で発生する冷凍量は大きくなり、パルス管冷凍機の冷凍能力を高めるのに有利となる。

第1様相の本発明のパルス管冷凍機によれば、第1バッファタンク及び第2バッファタンクが設けられているときには、低温側の第2バッファタンクを真空断熱槽内に配置することができる。

なお、各様相の本発明によれば、圧力波形発生装置は、冷媒ガスの圧力波形を生成するものであり、例えば、圧縮機を用いて形成できる。蓄冷器は、圧力波形発生装置とパルス管との間に設けられており、パルス管に流入させる冷媒ガスを冷却する機能を有するものである。蓄冷器は、金属等の熱容量の大きな材料を用いて形成できる。

本明細書の各様相の本発明によれば、真空断熱槽の真空断熱室内は高真空状態に維持されており、真空断熱を図り得る。この場合、高真空状態としては 10^{-3} Torr以下（ $\equiv 133 \times 10^{-3}$ Pa以下）を例示でき、より好ましくは 10^{-4} Torr以下（ $\equiv 133 \times 10^{-4}$ Pa以下）を例示できる。

（2）第2様相の本発明のパルス管冷凍機は、冷媒ガスの圧力波形を生成する圧力波形発生装置と、

圧力波形発生装置で生成された圧力波形をもつ冷媒ガスが流入し一端が低温端で他端が高温端とされたパルス管と、

圧力波形発生装置とパルス管との間に設けられパルス管に流入させる冷媒ガスを予冷する蓄冷器と、

パルス管の高温端に連通しパルス管の内径よりも小さい内径の流路をもつイナータンスチューブと、イナータンスチューブを介してパルス管の高温端

に連通するバッファタンクとをもち、冷媒ガスの圧力波形の位相をパルス管の低温端における冷凍生成のために制御する圧力波形位相制御要素と、

パルス管を収容する真空断熱室をもつ真空断熱槽とを具備するパルス管冷凍機において、イナータンスチューブは、真空断熱槽の真空断熱室内に配置されていることを特徴とするものである。

第2様相の本発明のパルス管冷凍機によれば、パルス管の高温端の冷媒ガスは、パルス管の内径よりも小さい内径の流路をもつイナータンスチューブを介してバッファタンクに対して流入及び流出する。このとき冷媒ガスの圧力波形の位相は調整され、パルス管の低温端における冷凍を良好に生成される。イナータンスチューブは、バッファタンクとともに、冷媒ガスの位相と圧力振幅とを調整する圧力波形位相制御要素として機能するものである。冷媒ガスの圧力波形の位相を調整する機能を有する観点において、イナータンスチューブは、電気回路との対応を考えた場合に、電気回路におけるインダクタンスに相当する機能（冷媒ガスの位相差を生成する機能）を奏するものである。

第2様相の本発明のパルス管冷凍機によれば、イナータンスチューブはパルス管と共に真空断熱槽の真空断熱室内に配置されている。このためイナータンスチューブに大気の影響が進入することが抑制される。よってイナータンスチューブを流れる冷媒ガスを低温に維持することができる。このため冷凍回路内の冷媒ガスの圧縮比を高くすることができ、パルス管の低温端で発生する冷凍量は大きくなり、パルス管冷凍機の冷凍能力を高めるのに有利となる。

殊に、イナータンスチューブを流れる冷媒ガスが低温であると、イナータンスチューブの流路抵抗が小さくなり、イナータンスチューブ内を流動するガスの粘性損失を小さくできる。その結果、パルス管の高温端に流動する冷媒ガスの位相とガス量とを良好にすることができるので、冷凍能力が増大する。

第2様相の本発明のパルス管冷凍機によれば、第1バッファタンクに連通

する第1イナータンスチューブ、第2バッファタンクに連通する第1イナータンスチューブが設けられているときには、低温側の第2イナータンスチューブを真空断熱槽内に配置することができる。

(3) 第3様相の本発明のパルス管冷凍機は、冷媒ガスの圧力波形を生成する圧力波形発生装置と、

圧力波形発生装置で生成された圧力波形をもつ冷媒ガスが流入し一端が低温端で他端が高温端とされた第1パルス管と、

圧力波形をもつ冷媒ガスが流入し一端が第1パルス管の低温端よりも低温となる低温端で他端が高温端とされた第2パルス管と、

圧力波形発生装置と第1パルス管及び第2パルス管との間に設けられ第1パルス管及び／又は第2パルス管に流入させる冷媒ガスを予冷する蓄冷器と、

第1パルス管の高温端に連通し第1パルス管の内径よりも小さい内径の流路をもつ第1イナータンスチューブと、第1イナータンスチューブを介して第1パルス管の高温端に連通する第1バッファタンクと、第2パルス管の高温端に連通し第2パルス管の内径よりも小さい内径の流路をもつ第2イナータンスチューブと、第2イナータンスチューブを介して第2パルス管の高温端に連通する第2バッファタンクとをもち、冷媒ガスの圧力波形の位相を冷凍生成のために制御する圧力波形位相制御要素と、

少なくとも第2パルス管を収容する真空断熱室をもつ真空断熱槽とを具備するパルス管冷凍機において、

第1パルス管の低温端に熱的に接触して第1パルス管の低温端からの冷凍で冷却される冷却要素を設け、冷却要素を第2イナータンスチューブに熱的に接触させていることを特徴とするものである。

第3様相の本発明のパルス管冷凍機によれば、パルス管の高温端の冷媒ガスは、パルス管の内径よりも小さい内径の流路をもつイナータンスチューブを介してバッファタンクに対して流入及び流出する。このとき冷媒ガスの圧力波形の位相は調整され、パルス管の低温端における冷凍を良好に生成される。イナータンスチューブは、バッファタンクとともに、冷媒ガスの位相と

圧力振幅とを調整する圧力波形位相制御要素として機能するものである。冷媒ガスの圧力波形の位相を調整する機能を有する観点において、イナータンスチューブは、電気回路との対応を考えた場合に、電気回路におけるインダクタンスに相当する機能を奏するものである。

更に、第 1 パルス管の低温端に熱的に接触して第 1 パルス管の低温端からの冷凍で冷却される冷却要素が設けられている。このため冷却要素は、第 1 パルス管の低温端の冷凍で冷却される。

更に第 3 様相の本発明のパルス管冷凍機によれば、冷却要素を第 2 イナータンスチューブに熱的に接触させているため、第 1 パルス管の低温端からの冷凍で第 2 イナータンスチューブは冷却される。このためイナータンスチューブを流れる冷媒ガスを低温に維持することができる。故に冷凍回路内の冷媒ガスの圧縮比を高くすることができ、パルス管の低温端で発生する冷凍量は大きくなり、パルス管冷凍機の冷凍能力を高めるのに有利となる。

殊に、イナータンスチューブを流れる冷媒ガスが低温であると、イナータンスチューブの流路抵抗が小さくなり、イナータンスチューブ内を流動するガスの粘性損失を小さくでき、その結果、パルス管の高温端に流動する冷媒ガスの位相とガス量とを良好にすることができるので、冷凍能力が増大する。

冷却要素としては伝熱性が良好な金属で形成することが好ましい。冷却要素としてはプレート为例示できる。プレートの形状は特に限定されない。イナータンスチューブに対する冷却性を高めるべく、冷却要素とイナータンスチューブとの熱的接触面積を大きくすることができる。

(4) 第 4 様相の本発明のパルス管冷凍機は、冷媒ガスの圧力波形を生成する圧力波形発生装置と、

圧力波形発生装置で生成された圧力波形をもつ冷媒ガスが流入し一端が低温端で他端が高温端とされた第 1 パルス管と、

圧力波形をもつ冷媒ガスが流入し一端が第 1 パルス管の低温端よりも低温となる低温端で他端が高温端とされた第 2 パルス管と、

圧力波形発生装置と第 1 パルス管及び第 2 パルス管との間に設けられ第 1

パルス管及び／又は第2パルス管に流入させる冷媒ガスを予冷する蓄冷器と、

第1パルス管の高温端に連通し第1パルス管の内径よりも小さい内径の流路をもつ第1イナータンスチューブと、第1イナータンスチューブを介して第1パルス管の高温端に連通する第1バッファタンクと、第2パルス管の高温端に連通し第2パルス管の内径よりも小さい内径の流路をもつ第2イナータンスチューブと、第2イナータンスチューブを介して第2パルス管の高温端に連通する第2バッファタンクとをもち、冷媒ガスの圧力波形の位相を冷凍生成のために制御する圧力波形位相制御要素と、少なくとも第2パルス管を収容する真空断熱室をもつ真空断熱槽とを具備するパルス管冷凍機において、

第1パルス管の低温端に熱的に接触して第1パルス管の低温端からの冷凍で冷却される冷却要素を設け、冷却要素を第2バッファタンクに熱的に接触させていることを特徴とするものである。

第4様相の本発明のパルス管冷凍機によれば、第1パルス管の低温端に熱的に接触して第1パルス管の低温端からの冷凍で冷却される冷却要素が設けられている。このため冷却要素は、第1パルス管の低温端の冷凍で冷却される。

更に第4様相の本発明のパルス管冷凍機によれば、冷却要素を第2バッファタンクに熱的に接触しているため、第1パルス管の低温端からの冷凍で第2バッファタンクは冷却される。このため第2バッファタンク内の冷媒ガスを低温に維持することができる。このため冷凍回路内の冷媒ガスの圧縮比を高くすることができ、パルス管の低温端で発生する冷凍量は大きくなり、パルス管冷凍機の冷凍能力を高めるのに有利となる。

冷却要素は、第1パルス管の低温端に熱的に接触し、第1パルス管の低温端からの冷凍で冷却されるものである。冷却要素としては伝熱性が良好な金属（一般的にはアルミニウム合金、銅合金、鉄合金等）を用いて形成することが好ましい。冷却要素の形状としては特に限定されないが、プレート形状を例示できる。プレート形状は特に限定されない。第2バッファタンクに対

する冷却性を高めるべく、冷却要素と第2バッファタンクとの熱的接触面積としては、大きくすることができる。

(5) 第5様相の本発明のパルス管冷凍機は、冷媒ガスの圧力波形を生成する圧力波形発生装置と、

圧力波形発生装置で生成された圧力波形をもつ冷媒ガスが流入し一端が低温端で他端が高温端とされた第1パルス管と、

圧力波形をもつ冷媒ガスが流入し一端が第1パルス管の低温端よりも低温となる低温端で他端が高温端とされた第2パルス管と、

圧力波形発生装置と第1パルス管及び第2パルス管との間に設けられ第1パルス管及び／又は前記第2パルス管に流入させる冷媒ガスを予冷する蓄冷器と、

第1パルス管の高温端に連通し第1パルス管の内径よりも小さい内径の流路をもつ第1イナータンスチューブと、第1イナータンスチューブを介して第1パルス管の高温端に連通する第1バッファタンクと、第2パルス管の高温端に連通し前記第2パルス管の内径よりも小さい内径の流路をもつ第2イナータンスチューブと、第2イナータンスチューブを介して第2パルス管の高温端に連通する第2バッファタンクとをもち、冷媒ガスの圧力波形の位相を冷凍生成のために制御する圧力波形位相制御要素と、

少なくとも第2パルス管を収容する真空断熱室をもつ真空断熱槽とを具備するパルス管冷凍機において、

第2イナータンスチューブの少なくとも一部を第1パルス管の低温端に熱的に接触させていることを特徴とするものである。

第5様相の本発明のパルス管冷凍機によれば、第2イナータンスチューブを第1パルス管の低温端に熱的に接触させている。この場合、第1パルス管の低温端からの冷凍で第2イナータンスチューブの少なくとも一部は冷却される。このため第2イナータンスチューブを流れる冷媒ガスを低温に維持することができる。このため冷凍回路内の冷媒ガスの圧縮比を高くすることができ、第2パルス管の低温端で発生する冷凍量は大きくなり、パルス管冷凍

機の冷凍能力を高めるのに有利となる。

殊に、第2インナータンスチューブの流路の内径は小さいため、第2インナータンスチューブの流路の内径が大きい場合に比較して、第2インナータンスチューブの外壁側を流れる冷媒ガスの他に、第2インナータンスチューブの中心側を流れる冷媒ガスをも効率よく冷却できるので、第2インナータンスチューブ内を流れる冷媒ガスの全体を効率よく冷却することができる。

第5様相の本発明のパルス管冷凍機によれば、第2インナータンスチューブを第1パルス管の低温端にスパイラル形状に巻いて第1パルス管の低温端に熱的に接触させる形態を例示できる。

(発明の効果)

本発明によれば、パルス管の低温端で発生する冷凍能力を高めるのに有利なパルス管冷凍機を提供することができる。

図面の簡単な説明

図1は、第1実施形態に係り、パルス管冷凍機の問題を示す構成図である。

図2は、第1実施形態に係り、第2インナータンスチューブとシールドプレートとの接触部分を示す構成図である。

図3は、第2実施形態に係り、パルス管冷凍機の問題を示す構成図である。

図4は、第3実施形態に係り、第2バッファタンクとシールドプレートとの接触状態を示す構成図である。

図5は、第4実施形態に係り、第2バッファタンク付近を示す構成図である。

図6は、第5実施形態に係り、第2バッファタンク付近を示す構成図である。

図7は、第6実施形態に係り、第1バッファタンクの低温端に第2インナータンスチューブを巻いている状態を示す構成図である。

図8は、従来技術に係り、パルス管冷凍機の問題を示す構成図である。

図9は、従来技術に係り、パルス管冷凍機の問題を示す構成図である。

(発明を実施するための最良の形態)

以下、本発明の実施形態について、図面を用いて説明する。

(第 1 実施形態)

第 1 実施形態を図 1 に示す。図 1 において、1 はリニア駆動型の圧縮機で、ガス状の冷媒ガスの圧力波形を生成する圧力波形発生装置として機能することができる。圧縮機 1 によれば、往復移動可能なピストン 2 とピストン 3 の間の空間が圧縮部 4 とされている。圧縮部 4 は配管 5 を介して放熱器 6 の一端 6 a に連通しており、放熱器 6 の他端 6 b は、金網等の蓄冷材 7 が充填してある第 1 蓄冷器 8 に接続されている。第 1 蓄冷器 8 の低温端 8 b には、第 2 蓄冷器 10 を接続する筒形状の接続部材 9 が設けられている。第 2 蓄冷器 10 の内部には、鉛や希土類等の球状の蓄冷機能を有する蓄冷材 12 が充填されている。第 2 蓄冷器 10 は第 1 蓄冷器 8 よりも低温に維持される。接続部材 9 の内部には流路部材 11 が配設している。流路部材 11 は第 1 パルス管 14 及び第 2 パルス管 20 に連通しており、第 1 パルス管 14 に向かう冷媒ガス、第 2 パルス管 20 に向かう冷媒ガスが流れる。

図 1 に示すように、前記した接続部材 9 の円周面である外壁面に、冷媒通過用の配管 13 の一端 13 a が配設されている。配管 13 の他端 13 b は第 1 熱交換器 15 に連通している。第 1 熱交換器 15 は第 1 パルス管 14 の低温端 14 L に設けられている。

第 1 パルス管 14 は、冷媒ガスが流入できる中空室をもつ縦長の金属製の管状部材であり、圧縮部 4 で生成された圧力波形をもつ冷媒ガスが流入する。ここで、第 1 パルス管 14 の上端側（他端）が高温端 14 H とされ、第 1 パルス管 14 の下端側（一端）が低温端 14 L とされている。低温端 14 L を下側に配置したのは、冷媒ガスの熱的対流を抑制するためである。

図 1 に示すように、第 1 パルス管 14 の高温端 14 H には、第 1 放熱器 16 の一端が接続され、第 1 放熱器 16 は真空断熱槽 24 よりも外側に配置されている。第 1 放熱器 16 の他端は、第 1 連通管として機能する細長い配管

で形成された金属製の第1イナータンスチューブ17の一端17aに接続されている。第1イナータンスチューブ17は電気回路のリアクタンスに相当する機能を有する。第1イナータンスチューブ17の内径は第1パルス管14の内径、第1バッファタンク18の内径よりも小さい。第1イナータンスチューブ17の他端17bは第1バッファタンク18に接続されている。第1バッファタンク18は容積が大きいタンク室18wをもつ。

ここで、第1パルス管14の冷媒ガスが第1イナータンスチューブ17を介して第1バッファタンク18の内部に対して行き来することにより、冷媒ガスの圧力波形の位相と圧力振幅が調整される。従って、第1イナータンスチューブ17及び第1バッファタンク18は、第1パルス管14の低温端14Lにおける冷凍生成のために、冷媒ガスの圧力波形の位相と圧力振幅を制御する圧力波形位相制御要素として機能することができる。第1イナータンスチューブ17及び第1バッファタンク18は、図1に示すように、真空断熱槽1の外に配置されている。

図1に示すように、第2蓄冷器10の低温端10Lは、熱交換により冷媒ガスを冷却できる機能を有する第2熱交換器30に配管19を介して連通している。第2熱交換器30は第2パルス管20の低温端20L（第1パルス管14の低温端14Lよりも低温）に配設されている。第2パルス管20は、冷媒ガスが流入できる縦長の中空室をもつ長い金属製の管状部材である。ここで、第2パルス管20の長さは第1パルス管14の長さよりも短く設定されている。また第2パルス管20の内径は第1パルス管14の内径よりも小さく設定されている。従って、第2パルス管20の容積は第1パルス管14の容積よりも小さく設定されている。第2パルス管20の上端側が高温端20Hとされ、第2パルス管20の下端側が低温端20Lとされている。低温端20Lを下側にしたのは熱的対流を抑制するためである。

第2パルス管20の高温端20Hには、冷却機能を有する第2放熱器21が設けられている。第2放熱器21は、接触部材9の円筒部9aの外面に、伝熱性をもつフランジ部9bを介して熱的に接触している。前述したように

接触部材 9 の円筒部 9 a の内面には、第 1 パルス管 1 4 の低温端 1 4 L で発生した冷凍で冷却された冷媒ガスが流れる流路が設けられている。従って、第 2 放熱器 2 1 は、接触部材 9 の円筒部 9 a を流れる冷媒ガスによって冷却される。

換言すれば、第 2 パルス管 2 0 の高温端 2 0 H は第 2 放熱器 2 1 に熱的に接触しており、第 2 放熱器 2 1 により冷却されるため、結果として、第 2 パルス管 2 0 の高温端 2 0 H は、第 1 パルス管 1 4 の低温端 1 4 L で発生した冷凍で冷却されることになる。このように第 2 放熱器 2 1 により第 2 パルス管 2 0 の高温端 2 0 H は低い温度に維持されるため、同一流量でも第 2 パルス管 2 0 の冷媒ガスの体積を小さくするのに有利となり、第 2 パルス管 2 0 の長さを短くすることができる。従って冷凍回路の圧縮比を高めるのに有利となり、第 2 パルス管 2 0 の低温端 2 0 L で発生する冷凍量を従来技術よりも大きくすることができる。

本実施形態によれば、図 1 に示すように、冷却要素として機能できるシールドプレート 2 5 が設けられている。シールドプレート 2 5 は、伝熱性が良好な金属製であり、図 1 に示すように、シールドプレート 2 5 の部位 2 5 m が第 1 パルス管 1 4 の低温端 1 4 L に熱的に接触しているため、シールドプレート 2 5 は低温に冷却される。

冷却要素としてのシールドプレート 2 5 には、箱状のシールドケース 2 6 が熱的に接触している。シールドケース 2 6 は、シールドプレート 2 5 の下側に配置されており、シールド室 2 6 w を形成している。シールド室 2 6 w は真空断熱室 2 4 w に連通しており、真空断熱室 2 4 w と同様に高真空状態に維持される。

図 2 に示すように、シールドプレート 2 5 には、細長い配管で形成された金属製の第 2 イナータンスチューブ 2 2 が熱的に接触して保持されている。第 2 イナータンスチューブ 2 2 は、第 2 バッファタンク 2 3 と第 2 パルス管 2 0 とを連通させる第 2 連通管として機能し、且つ、ガス流量の絞り機能を有するものであり、その内径は、第 2 パルス管 2 0 の内径及び第 2 バッファ

タンク 23 の内径よりも小さい。

また図 1 に示すように、シールドプレート 25 に、第 2 バッファタンク 23 の上部 23 u が熱的に接触して保持されている。第 2 バッファタンク 23 はシールドプレート 25 の下面側に配置されている。第 2 バッファタンク 23 は容積が大きいタンク室 23 w をもつ。タンク室 23 w の容積は、第 1 バッファタンク 18 のタンク室 18 w の容積よりも小さくされている。上記したように第 2 バッファタンク 23 も、冷却要素としてのシールドプレート 25 に熱的に接触している。これにより第 2 バッファタンク 23 はシールドプレート 25 により冷却され、第 2 バッファタンク 23 内の冷媒ガスは低温に維持される。

ここで、第 2 パルス管 20 の冷媒ガスが第 2 イナータンスチューブ 22 を介して第 2 バッファタンク 23 の内部に対して行き来することにより、第 2 パルス管 20 に供給される冷媒ガスの圧力波形の位相と圧力振幅が調整される。従って、第 2 イナータンスチューブ 22 及び第 2 バッファタンク 23 は、第 2 パルス管 20 の低温端 20 L における冷凍生成のために、冷媒ガスの圧力波形の位相を制御する圧力波形位相制御要素として機能することができる。

本実施形態によれば、図 1 に示すように、第 2 バッファタンク 23 は大気配置されているのではなく、真空断熱槽 24 の真空断熱室 24 w 内に配設されている。殊に、第 2 バッファタンク 23 は真空断熱槽 24 内のシールドケース 26 のシールド室 26 w 内に設けられている。シールドケース 26 は、外部からの熱輻射の伝達を抑制する輻射熱伝達防止要素として機能する。

このため第 2 バッファタンク 23 内の冷媒ガスを一層低い温度に保つことができる。真空断熱槽 24 の真空断熱室 24 w 内は真空ポンプ 24 x に接続され、高真空状態 (10^{-4} Torr 以下 $\approx 133 \times 10^{-4}$ Pa 以下) に維持されている。真空断熱槽 24 は断熱性に優れている。

なお、真空断熱槽 24 の壁体は、熱伝達を抑制する断熱性が高い材料で形成されている。シールドケース 26 は真空断熱槽 24 内に設けられており、外部からの熱輻射を抑えるためのものであり、熱伝導の良い金属を基材とし

て形成されている。

本実施形態によれば、図 1 に示すように、シールドケース 26 のシールド室 26 w 内には、第 2 バッファタンク 23 の他に、第 2 蓄冷器 10、第 2 パルス管 20、第 2 放熱器 21 が収容されており、これらと大気との熱的接触が防止されている。図 1 に示すように第 1 パルス管 14 はシールドケース 26 の外方で且つ真空断熱槽 24 内に収容されている。

使用の際には、圧縮機 1 のピストン 4、5 が対向しつつ、ある周波数で往復運動する。これにより圧縮機 1 の圧縮部 4 内の冷媒ガスは、ピストン 4、5 と同一の周波数で圧縮され、冷媒ガス（一般的にはヘリウム）の圧力波形が生成される。そして、第 1 バッファタンク 18 と第 1 イナータンスチューブ 17 内のガス圧の共振周波数、第 2 バッファタンク 23 と第 2 イナータンスチューブ 25 内のガス圧の共振周波数は、ピストン 5、6 の動きとほぼ同一の周波数となるように寸法諸元が設定されている。これにより第 1 パルス管 14 の低温端 14 L と第 2 パルス管 20 の低温端 20 L とでは、ほぼスターリングサイクルに近い圧力波形が得られ、第 2 パルス管 20 の低温端 20 L において理想に近い冷凍量を得ることが出来るように設定されている。

ちなみに、運転状況にもよるが、第 1 パルス管 14 の低温端 14 L では 40～100 K の冷凍が得られ、第 2 パルス管 20 の低温端 20 L では 10～30 K の冷凍が得られる。運転状況にもよるが、真空断熱槽 24 とシールドケース 26 とは、真空断熱槽 24 からの伝導熱を妨げる機能を有し、シールドケース 26 のシールド室 26 w の温度は一般的には 40～100 K 程度である。シールドケース 26 は真空断熱槽 24 からの輻射熱を防ぐ機能を有する。

本実施形態によれば、第 1 パルス管 14 の低温端 14 L で発生した冷凍によって低い温度になった冷媒ガスは、接触部材 9 の円筒部 9 a の内面を流れる。この結果、接触部材 9 は冷却されるので、接触部材 9 に熱的に接触する第 2 放熱器 21 が低い温度となる。ひいては第 2 放熱器 21 に熱的に接触する第 2 パルス管 20 の高温端 20 H も、低い温度に維持され、ほぼ第 1 パル

ス管 14 の低温端 14 L の温度に近い温度に維持される。

このように本実施形態によれば、第 2 放熱器 21 により第 2 パルス管 20 の高温端 20 H を低い温度に維持できるため、第 2 パルス管 20 内の冷媒ガスのガス体積を小さくするのに有利となり、第 2 パルス管 20 の長さは、従来技術に係る第 2 パルス管の長さよりも短くでき、第 2 パルス管 20 の小型化を図り得る。

以上説明したように本実施形態によれば、第 2 バッファタンク 23 は、真空断熱槽 24 の真空断熱室 24 w 内に配設されているので、第 2 バッファタンク 23 と大気との熱的接触を抑えることができ、第 2 バッファタンク 23 を常時低い温度に保つことができ、パルス管冷凍機における冷凍能力を高めるのに有利となる。

殊に、図 1 に示すように、第 2 バッファタンク 23 は、真空断熱槽 24 内に配置されている熱絶縁性が高いシールドケース 26 のシールド室 26 w 内に設けられているため、第 2 バッファタンク 23 を一層低い温度に保つことができ、ひいては第 2 バッファタンク 23 内の冷媒ガスも低い温度に保つことができる。

このため本実施形態によれば、冷凍回路内の冷媒ガスの圧縮比を一層高くするのに有利となり、第 2 パルス管 20 の低温端 20 L で発生する冷凍量は大きくなり、パルス管冷凍機の冷凍能力を高めるのに有利となる。

更に本実施形態によれば、第 2 バッファタンク 23 に対して冷媒ガスの流入及び流出を行う第 2 イナータンスチューブ 22 は、真空断熱槽 24 の真空断熱室 24 w 内に第 2 バッファタンク 23 と共に配設されている。このため第 2 バッファタンク 23 と大気との熱的接触も抑えるばかりか、第 2 イナータンスチューブ 22 と大気との熱的接触も抑えることができ、第 2 イナータンスチューブ 22 を常時低い温度に保つことができる。このため本実施形態によれば、冷凍回路内の冷媒ガスの圧縮比を一層高くするのに有利となり、第 2 パルス管 20 の低温端 20 L で発生する冷凍量は大きくなる。

殊に、図 1 に示すように、第 2 イナータンスチューブ 22 は真空断熱槽 2

4内のシールドケース26のシールド室26w内に設けられているため、第2イナータンスチューブ22を一層低い温度に保つことができ、第2イナータンスチューブ22の冷媒ガスを低い温度に保つことができる。このため本実施形態によれば、冷凍回路内の冷媒ガスの圧縮比を一層高くするのに有利となり、第2パルス管20の低温端20Lで発生する冷凍量は大きくなる。

更にまた本実施形態によれば、冷却要素としてのシールドプレート25は第1パルス管14の低温端14Lで冷却され、且つ、第2イナータンスチューブ22はシールドプレート25に熱的に接触している。このため第2イナータンスチューブ22は、第1パルス管14の低温端14Lで発生した冷凍によりシールドプレート25を介して冷却される。殊に、第2イナータンスチューブ22の流路の内径は小さいため、第2イナータンスチューブ22の外周側を流れる冷媒ガスばかりか、第2イナータンスチューブ22の中心軸芯側を流れる冷媒ガスもシールドプレート25で冷却できる。従って、第2イナータンスチューブ22を流れる冷媒ガスの全体を効率よく冷却することができる。

即ち本実施形態によれば、第2イナータンスチューブ22の冷媒ガスを冷却要素としてのシールドプレート25で効率よく冷却することができるため、第2イナータンスチューブ22を流れる冷媒ガスを一層低い温度に保つことができる。故に、冷凍回路内の冷媒ガスの圧縮比を一層高くするのに有利となり、第2パルス管20の高温端20Hはさらに低い温度になり、第2パルス管20の低温端20Lで発生する冷凍量はさらに向上する。

更に、第2イナータンスチューブ22を流れる冷媒ガスを一層低温にできるため、第2イナータンスチューブ22の流路抵抗が小さくなり、第2イナータンスチューブ22内を流動するガスの粘性損失を小さくできる。その結果、第2パルス管20の高温端20Hに流動する冷媒ガスの位相とガス量とを良好にすることができるので、冷凍能力が増大する。

上記したように第2イナータンスチューブ22内の冷媒ガスを低温側に冷却できれば、第2バッファタンク23と第2イナータンスチューブ25内の

ガス圧の共振周波数のピークを明瞭化でき、第２パルス管２０の低温端２０Ｌで発生する冷凍量を一層向上させるのに有利となる。

加えて本実施形態によれば、第２バッファタンク２３は、第１パルス管１４の低温端１４Ｌに熱的に繋がる冷却要素としてのシールドプレート２５に熱的に接触している。従って、第２バッファタンク２３はシールドプレート２５を介して、第１パルス管１４の低温端１４Ｌで発生した冷凍で冷却される。このため第２バッファタンク２３の冷媒ガスを一層低い温度に保つことができる。故に、冷凍回路内の冷媒ガスの圧縮比を一層高くするのに有利となり、第２パルス管２０の高温端２０Ｈはさらに低い温度になり、ひいては第２パルス管２０の低温端２０Ｌで発生する冷凍量はさらに向上する。

以上説明したように本実施形態によれば、冷凍回路内の冷媒ガスの圧縮比を高くするのに有利であるため、第２パルス管２０の容積を従来技術に係る第２パルス管の容積よりも小さくできる。これにより第２パルス管２０の長さを短縮することができる。このため第２パルス管２０の振動を抑制する面で有利であり、パルス管冷凍機を振動環境において使用するのに適する。

なお、上記した実施形態によれば、図１に示すように、第２パルス管２０の高温端２０Ｈに設けた第２放熱器２１を接触部材９に熱接触させているが、これに限らず、第２放熱器２１を第１パルス管１４の低温端１４Ｌに直接的に熱接触させても良い。

また、上記した実施形態は、２段パルス管冷凍機に適用した例であるが、これに限らず、３段以上のパルス管冷凍機に適用しても良いものである。

（第２実施形態）

図３は第２実施形態を示す。第２実施形態は第１実施形態の変形形態である。第２実施形態は第１実施形態と基本的には同様の構成であり、基本的には同様の作用効果を奏する。共通する部位には共通の符号を付する。以下、第１実施形態と相違する部分を中心として説明する。即ち、第１実施形態の第１熱交換器１５と配管１３との間にサブ蓄冷器４０を設けている。そしてサブ蓄冷器４０の高温端に、冷却要素としてのシールドプレート２５を接触

して設けている。このような第2実施形態によれば、第1パルス管14の低温端14Lで発生する冷凍の温度が充分低く、第2パルス管20の高温端20Hの温度が第1パルス管14の低温端14Lの温度よりも高くても良い場合の形態例である。

(第3実施形態)

図4は第3実施形態を示す。第3実施形態は第1実施形態の変形形態である。第3実施形態は第1実施形態と基本的には同様の構成であり、基本的には同様の作用効果を奏する。共通する部位には共通の符号を付する。以下、第1実施形態と相違する部分を中心として説明する。即ち、図4に示すように、第2バッファタンク23は、冷却要素としてのシールドプレート25に熱的に接触しており、シールドプレート25を介して、第1パルス管14の低温端14Lで発生した冷凍で冷却される。このため第2バッファタンク23の冷媒ガスを一層低い温度に保つことができる。図4に示すように、シールドプレート25は、第2バッファタンク23に向けて曲成され第2バッファタンク23の外壁面に熱的に接触する伝熱促進用のフランジ部25rをもつ。伝熱促進用のフランジ部25rは、第2バッファタンク23との接触部分(伝熱面積)を増加させ、第2バッファタンク23内の冷媒の冷却性を高めるためのものである。

(第4実施形態)

図5は第4実施形態を示す。第4実施形態は第1実施形態の変形形態である。第4実施形態は第1実施形態と基本的には同様の構成であり、基本的には同様の作用効果を奏する。共通する部位には共通の符号を付する。以下、第1実施形態と相違する部分を中心として説明する。即ち、第2バッファタンク23の大部分は真空断熱槽24の真空断熱室24w内に配置されているが、図5に示すように、第2バッファタンク23の一部(上端部)のみが真空断熱槽24から露出している。ただし、第2バッファタンク23のうち、真空断熱槽24から露出している部分には、断熱性に優れた断熱材23mが配置されている。断熱材23mは、第2バッファタンク23内の冷媒ガスの

昇温を抑えることができる。

(第5実施形態)

図6は第5実施形態を示す。第5実施形態は第1実施形態の変形形態である。第5実施形態は第1実施形態と基本的には同様の構成であり、基本的には同様の作用効果を奏する。以下、第1実施形態と相違する部分を中心として説明する。共通する部位には共通の符号を付する。即ち、第2バッファタンク23は真空断熱槽24の真空断熱室24w内に配置されているが、第2バッファタンク23から突出した管状部23xのみが真空断熱槽24から露出している。管状部23xには、第2バッファタンク23内の冷媒ガスの圧力や温度等の物理量を検出するためのセンサ等の計器23kが必要に応じて取り付けられる。計器23kが真空断熱槽24から露出しているため、計器23kの保守点検に有利である。

(第6実施形態)

図7は第6実施形態を示す。第6実施形態は第1実施形態の変形形態である。第6実施形態は第1実施形態と基本的には同様の構成であり、基本的には同様の作用効果を奏する。以下、第1実施形態と相違する部分を中心として説明する。即ち、第2イナータンスチューブ22の長さは長いため、第2イナータンスチューブ22を有効利用すべく、第2イナータンスチューブ22の全部または一部は、第1パルス管14の低温端14Lにこれの周方向に巻回されている。第2イナータンスチューブ22は、第1パルス管14の低温端14L（冷却要素）で発生した冷凍で効果的に冷却される。第2イナータンスチューブ22は真空断熱室24w内に配置されている。

(その他) 上記した記載から次の技術的思想も把握される。

付記1. 請求項1において、前記バッファタンクは、前記パルス管の内径よりも小さい内径の流路をもつイナータンスチューブを介して前記パルス管の高温端に連通することを特徴とするパルス管冷凍機。

付記2. 付記1において、前記イナータンスチューブは、前記真空断熱槽の前記真空断熱室内に配置されていることを特徴とするパルス管冷凍機。

付記 3. 付記 1 または 2 において、前記パルス管は、圧力波形をもつ冷媒ガスが流入し一端が低温端で他端が高温端とされた第 1 パルス管と、圧力波形をもつ冷媒ガスが流入し一端が前記第 1 パルス管の低温端よりも低温となる低温端とされ他端が高温端とされた第 2 パルス管とで構成されていることを特徴とするパルス管冷凍機。

付記 4. 付記 3 において、前記蓄冷器は、前記圧力波形発生装置と前記第 1 パルス管及び前記第 2 パルス管との間に設けられており、前記第 1 パルス管及び／又は前記第 2 パルス管に流入させる冷媒ガスを予冷することを特徴とするパルス管冷凍機。

付記 5. 付記 3 において、前記圧力波形位相制御要素は、前記第 1 パルス管の高温端に連通し前記第 1 パルス管の内径よりも小さい内径の流路をもつ第 1 イナータンスチューブと、前記第 1 イナータンスチューブを介して前記第 1 パルス管の高温端に連通する第 1 バッファタンクと、前記第 2 パルス管の高温端に連通し前記第 2 パルス管の内径よりも小さい内径の流路をもつ第 2 イナータンスチューブと、前記第 2 イナータンスチューブを介して前記第 2 パルス管の高温端に連通する低温側の第 2 バッファタンクとをもつことを特徴とするパルス管冷凍機。

付記 6. 付記 5 において、前記第 1 パルス管の低温端に熱的に接触して前記第 1 パルス管の低温端からの冷凍で冷却される冷却要素が設けられており、前記冷却要素は前記第 2 イナータンスチューブに熱的に接触されていることを特徴とするパルス管冷凍機。

付記 7. 付記 5 または 6 において、前記第 1 パルス管の低温端に熱的に接触して前記第 1 パルス管の低温端からの冷凍で冷却される冷却要素が設けられており、前記冷却要素は前記第 2 バッファタンクに熱的に接触されていることを特徴とするパルス管冷凍機。

付記 8. 付記 5 ～ 7 において、前記第 2 イナータンスチューブの少なくとも一部は前記第 1 パルス管の低温端に熱的に接触されていることを特徴とするパルス管冷凍機。

産業上の利用可能性

本発明はパルス管冷凍機に利用することができる。

請求の範囲

1. 冷媒ガスの圧力波形を生成する圧力波形発生装置と、

前記圧力波形発生装置で生成された圧力波形をもつ冷媒ガスが流入し一端が低温端で他端が高温端とされたパルス管と、

前記圧力波形発生装置と前記パルス管との間に設けられ前記パルス管に流入させる冷媒ガスを予冷する蓄冷器と、

前記パルス管の高温端に連通するバッファタンクをもち冷媒ガスの圧力波形の位相を前記パルス管の低温端における冷凍生成のために制御する圧力波形位相制御要素と、

前記パルス管を収容する真空断熱室をもつ真空断熱槽とを具備するパルス管冷凍機において、

前記バッファタンクは、前記真空断熱槽の前記真空断熱室内に配置されていることを特徴とするパルス管冷凍機。

2. 冷媒ガスの圧力波形を生成する圧力波形発生装置と、

前記圧力波形発生装置で生成された圧力波形をもつ冷媒ガスが流入し一端が低温端で他端が高温端とされたパルス管と、

前記圧力波形発生装置と前記パルス管との間に設けられ前記パルス管に流入させる冷媒ガスを予冷する蓄冷器と、

前記パルス管の高温端に連通し前記パルス管の内径よりも小さい内径の流路をもつイナータンスチューブと、前記イナータンスチューブを介して前記パルス管の高温端に連通するバッファタンクとをもち、冷媒ガスの圧力波形の位相を前記パルス管の低温端における冷凍生成のために制御する圧力波形位相制御要素と、

前記パルス管を収容する真空断熱室をもつ真空断熱槽とを具備するパルス管冷凍機において、

前記イナータンスチューブは、前記真空断熱槽の前記真空断熱室内に配置されていることを特徴とするパルス管冷凍機。

3. 冷媒ガスの圧力波形を生成する圧力波形発生装置と、

前記圧力波形発生装置で生成された圧力波形をもつ冷媒ガスが流入し一端が低温端で他端が高温端とされた第1パルス管と、

圧力波形をもつ冷媒ガスが流入し一端が前記第1パルス管の低温端よりも低温となる低温端で他端が高温端とされた第2パルス管と、

前記圧力波形発生装置と前記第1パルス管及び前記第2パルス管との間に設けられ前記第1パルス管及び／又は前記第2パルス管に流入させる冷媒ガスを予冷する蓄冷器と、

前記第1パルス管の高温端に連通し前記第1パルス管の内径よりも小さい内径の流路をもつ第1イナータンスチューブと、前記第1イナータンスチューブを介して前記第1パルス管の高温端に連通する第1バッファタンクと、前記第2パルス管の高温端に連通し前記第2パルス管の内径よりも小さい内径の流路をもつ第2イナータンスチューブと、前記第2イナータンスチューブを介して前記第2パルス管の高温端に連通する第2バッファタンクとをもち、冷媒ガスの圧力波形の位相を冷凍生成のために制御する圧力波形位相制御要素と、

少なくとも前記第2パルス管を収容する真空断熱室をもつ真空断熱槽とを具備するパルス管冷凍機において、

前記第1パルス管の低温端に熱的に接触して前記第1パルス管の低温端からの冷凍で冷却される冷却要素を設け、前記冷却要素を前記第2イナータンスチューブに熱的に接触させていることを特徴とするパルス管冷凍機。

4. 冷媒ガスの圧力波形を生成する圧力波形発生装置と、

前記圧力波形発生装置で生成された圧力波形をもつ冷媒ガスが流入し一端が低温端で他端が高温端とされた第1パルス管と、

圧力波形をもつ冷媒ガスが流入し一端が前記第1パルス管の低温端よりも低温となる低温端で他端が高温端とされた第2パルス管と、

前記圧力波形発生装置と前記第 1 パルス管及び前記第 2 パルス管との間に設けられ前記第 1 パルス管及び／又は前記第 2 パルス管に流入させる冷媒ガスを予冷する蓄冷器と、

前記第 1 パルス管の高温端に連通し前記第 1 パルス管の内径よりも小さい内径の流路をもつ第 1 イナータンスチューブと、前記第 1 イナータンスチューブを介して前記第 1 パルス管の高温端に連通する第 1 バッファタンクと、前記第 2 パルス管の高温端に連通し前記第 2 パルス管の内径よりも小さい内径の流路をもつ第 2 イナータンスチューブと、前記第 2 イナータンスチューブを介して前記第 2 パルス管の高温端に連通する第 2 バッファタンクとをもち、冷媒ガスの圧力波形の位相を冷凍生成のために制御する圧力波形位相制御要素と、

少なくとも前記第 2 パルス管を収容する真空断熱室をもつ真空断熱槽とを具備するパルス管冷凍機において、

前記第 1 パルス管の低温端に熱的に接触して前記第 1 パルス管の低温端からの冷凍で冷却される冷却要素を設け、前記冷却要素を前記第 2 バッファタンクに熱的に接触させていることを特徴とするパルス管冷凍機。

5. 冷媒ガスの圧力波形を生成する圧力波形発生装置と、

前記圧力波形発生装置で生成された圧力波形をもつ冷媒ガスが流入し一端が低温端で他端が高温端とされた第 1 パルス管と、

圧力波形をもつ冷媒ガスが流入し一端が第 1 パルス管の低温端よりも低温となる低温端で他端が高温端とされた第 2 パルス管と、

前記圧力波形発生装置と前記第 1 パルス管及び前記第 2 パルス管との間に設けられ前記第 1 パルス管及び前記第 2 パルス管に流入させる冷媒ガスを予冷する蓄冷器と、

前記第 1 パルス管の高温端に連通し前記第 1 パルス管の内径よりも小さい内径の流路をもつ第 1 イナータンスチューブと、前記第 1 イナータンスチューブを介して前記第 1 パルス管の高温端に連通する第 1 バッファタンクと、

前記第 2 パルス管の高温端に連通し前記第 2 パルス管の内径よりも小さい内径の流路をもつ第 2 イナータンスチューブと、前記第 2 イナータンスチューブを介して前記第 2 パルス管の高温端に連通する第 2 バッファタンクとをもち、冷媒ガスの圧力波形の位相を冷凍生成のために制御する圧力波形位相制御要素と、

少なくとも前記第 2 パルス管を収容する真空断熱室をもつ真空断熱槽とを具備するパルス管冷凍機において、

前記第 2 イナータンスチューブの少なくとも一部を前記第 1 パルス管の低温端に熱的に接触させていることを特徴とするパルス管冷凍機。

図1

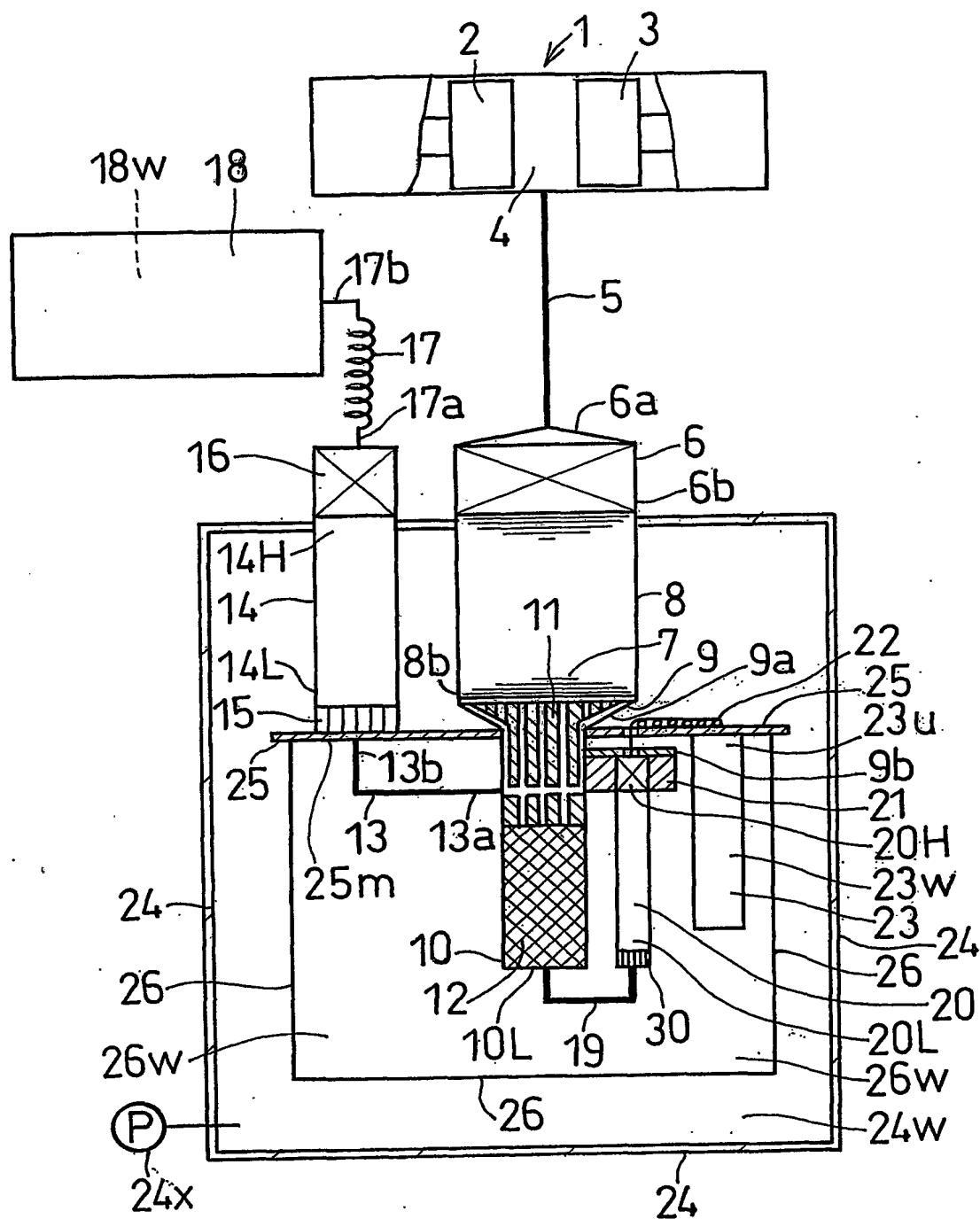


図2

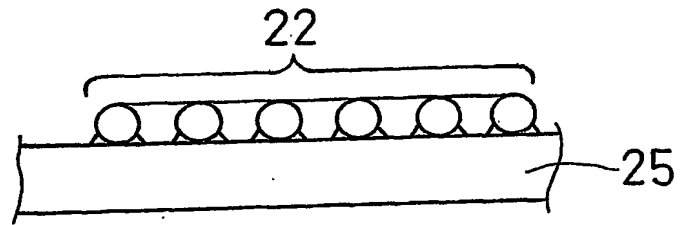


図3

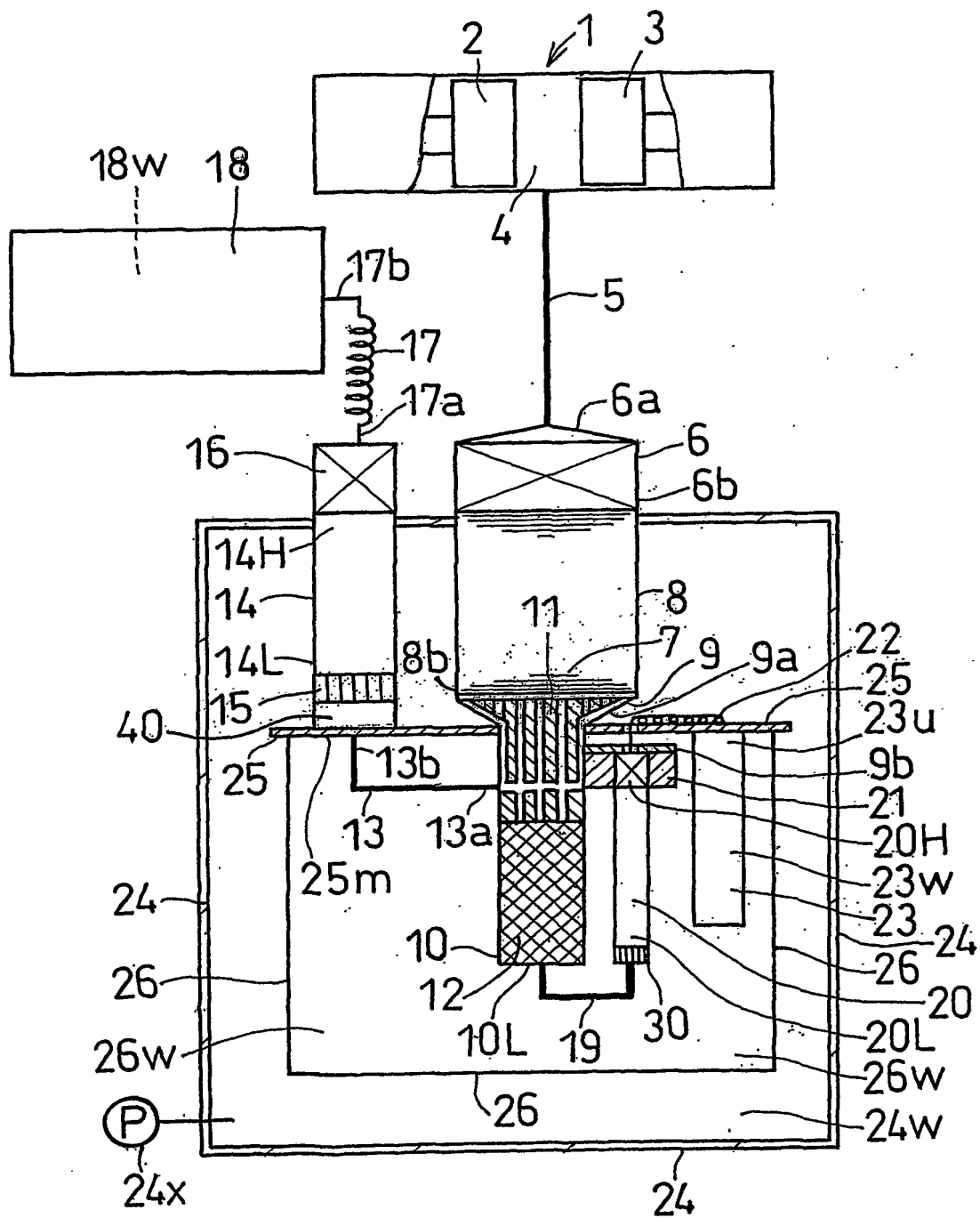


図4

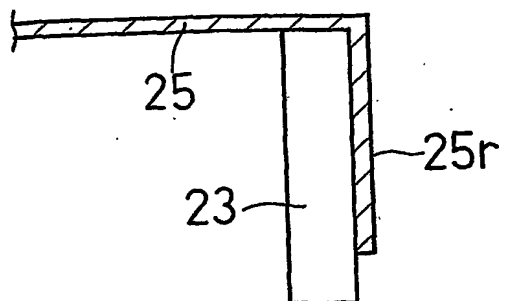


図5

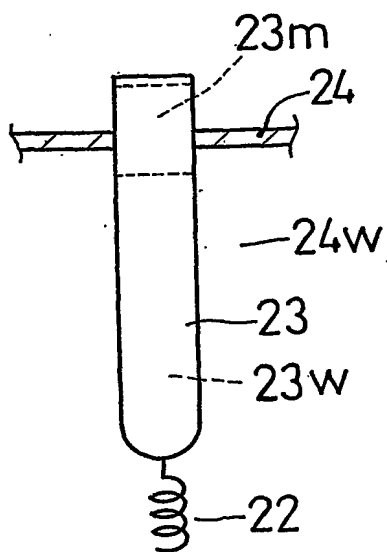


図6

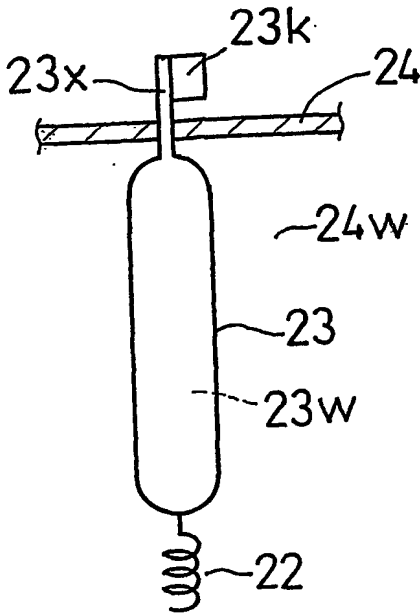


図7

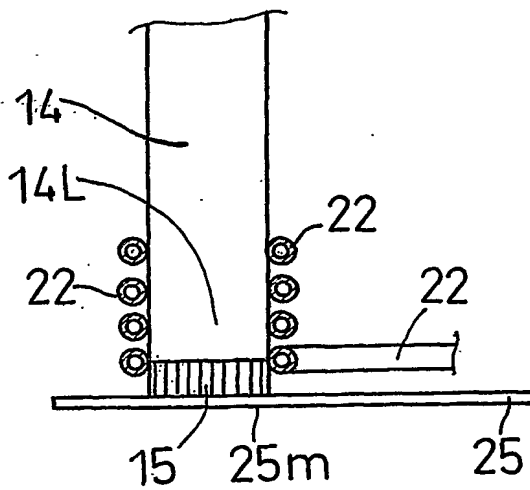


図8

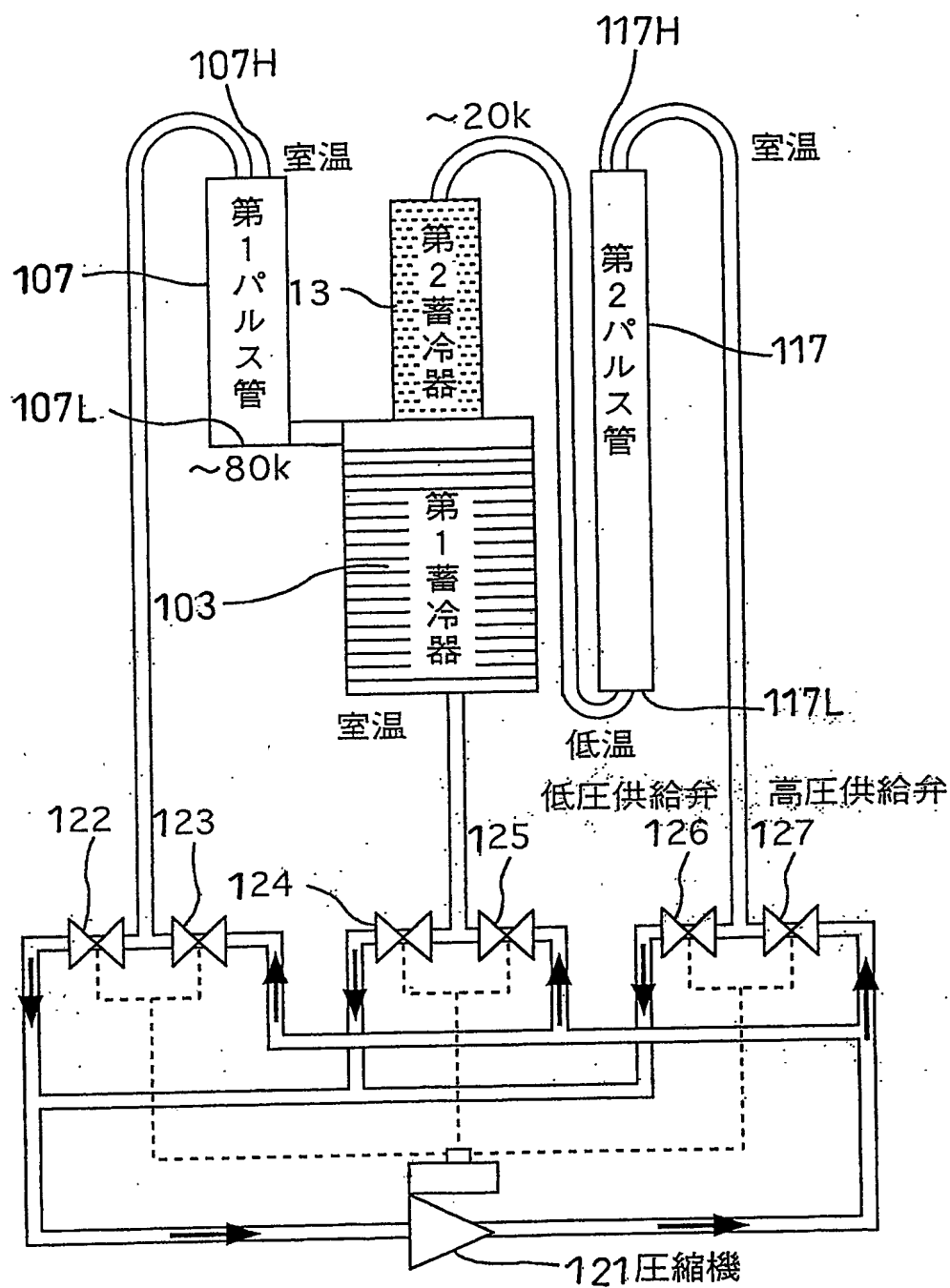
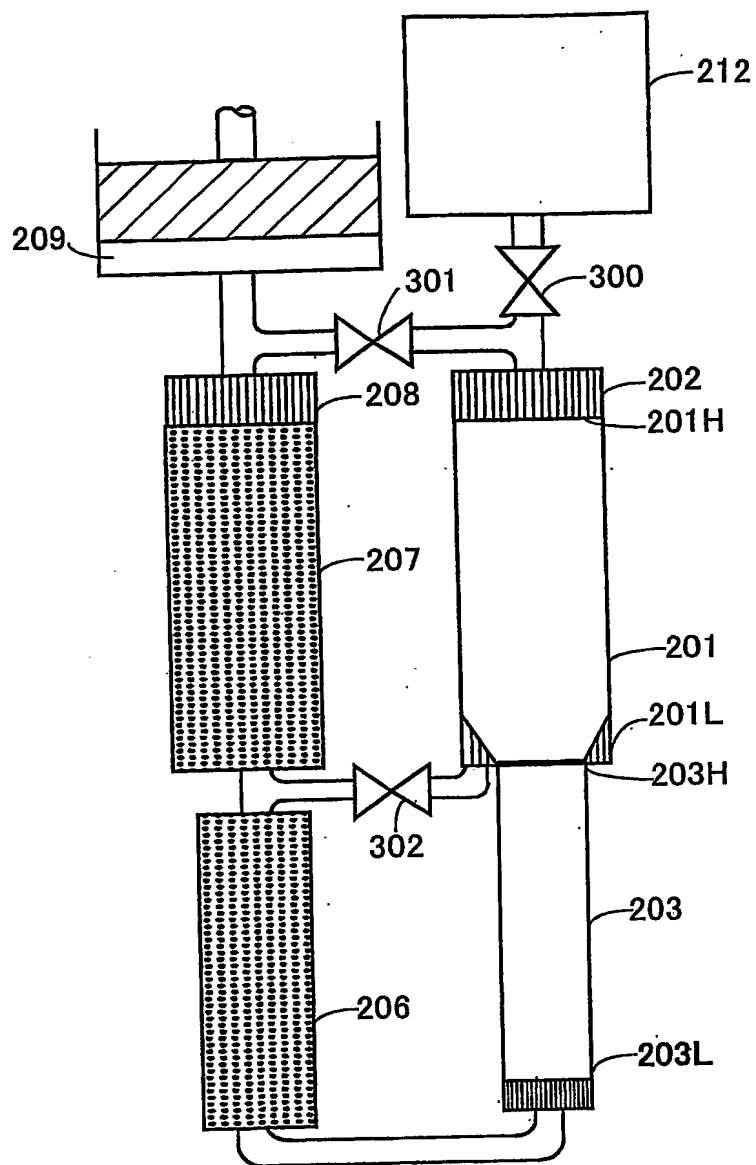


図 9



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/004226

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ F25B9/00, F25B9/14

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ F25B9/00, F25B9/14

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2000-055491 A (Kabushiki Kaisha Idotai Tsushin Sentan Gijutsu Kenkyusho), 25 February, 2000 (25.02.00), Column 3, line 16 to column 6, line 12 (Family: none)	1, 2
X Y	JP 2880154 B1 (Kabushiki Kaisha Idotai Tsushin Sentan Gijutsu Kenkyusho), 29 January, 1999 (29.01.99), Column 5, line 43 to column 7, line 22; column 9, lines 2. to 4 (Family: none)	1, 2 3, 4, 5

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
03 June, 2004 (03.06.04)

Date of mailing of the international search report
22 June, 2004 (22.06.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/004226

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 08-313095 A (Toshiba Corp.), 29 November, 1996 (29.11.96), Column 3, line 16 to column 5, line 33 & US 5711157 A	1,2 3,4,5
X	JP 3333776 B2 (LG Electronics Inc.), 26 July, 2002 (26.07.02), Column 6, line 46 to column 7, line 38 (Family: none)	1,2
Y	JP 03-194364 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 26 August, 1991 (26.08.91), Page 2, upper right column, line 6 to page 3, upper left column, line 12 (Family: none)	3,4,5
Y	JP 08-271070 A (Aisin Seiki Co., Ltd.), 18 October, 1996 (18.10.96), Column 2, line 18 to column 3, line 2; Column 4, line 29 to column 6, line 35 (Family: none)	3,4,5
Y	JP 3152757 B2 (Toshiba Corp.), 26 January, 2001 (26.01.01), Column 6, line 44 to column 7, line 43 (Family: none)	3,4,5

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷

F25B9/00 F25B9/14

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷

F25B9/00 F25B9/14

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2004年

日本国登録実用新案公報 1994-2004年

日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 2000-055491 A (株式会社移動体通信先端技術研究所) 2000. 02. 25, 第3欄第16行目~第6欄第12行目 (ファミリーなし)	1, 2
X	JP 2880154 B1 (株式会社移動体通信先端技術研究所) 1999. 01. 29, 第5欄第43行目~第7欄第22行目	1, 2
Y	及び第9欄第2~4行目 (ファミリーなし)	3, 4, 5

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

03. 06. 2004

国際調査報告の発送日

22. 6. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

清水 富夫

3M

7616

電話番号 03-3581-1101 内線 3376

C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 08-313095 A (株式会社東芝) 1996. 11. 29, 第3欄第16行目～第5欄第33行目 & US 5711	1, 2
Y	157 A	3, 4, 5
X	JP 3333776 B2 (エルジー電子株式会社) 2002. 07. 26, 第6欄第46行目～第7欄第38行目 (ファミリーなし)	1, 2
Y	JP 03-194364 A (三洋電機株式会社) 1991. 08. 26, 第2頁右上欄第6行目～第3頁左上欄第12行目 (ファミリーなし)	3, 4, 5
Y	JP 08-271070 A (アイシン精機株式会社) 1996. 10. 18, 第2欄第18行目～第3欄第2行目及び第4欄第29行目～第6欄第35行目 (ファミリーなし)	3, 4, 5
Y	JP 3152757 B2 (株式会社東芝) 2001. 01. 26, 第6欄第44行目～第7欄第43行目 (ファミリーなし)	3, 4, 5